

**ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ
ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА AlCoCrFeNi***

Ю.Ф. Иванов¹, В.Е. Громов², К.А. Осинцев^{2,3},
С.В. Коновалов^{2,3}, И.А. Панченко², С. Чэнь^{2,4}

¹ Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

² Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

³ Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева, г. Самара, Россия

⁴ Университет Вэньчжоу, г. Вэньчжоу, КНР

Используя технологию проволоочно-дугового аддитивного производства (WAAM) в атмосфере чистого аргона был получен высокоэнтропийный сплав (ВЭС) системы Al–Co–Cr–Fe–Ni неэквивалентного состава: Al ((35.67±1.34) ат.%), Ni ((33.79±0.46) ат.%), Fe ((17.28±1.83) ат.%), Cr ((8.28±0.15) ат.%), Co ((4.99±0.09) ат.%). Методами сканирующей электронной микроскопии показано, что ВЭС является поликристаллическим материалом с размером зерна 4–15 мкм, вдоль границ зерен которого обнаружены частицы второй фазы. Методами картирования показано, что объемы зерен обогащены алюминием и никелем, тогда как границы зерен содержат хром и железо. Кобальт распределен в кристаллической решетке полученного ВЭС квазираспределенно. При испытаниях на растяжение разрушение материала происходило по механизму внутривершинного скола. Выявлено формирование хрупких трещин вдоль границ и в стыках границ зерен, т.е. в местах, содержащих включения вторых фаз. Высказано предположение, что одной из причин повышенной хрупкости ВЭС является выявленное неравномерное распределение элементов в микроструктуре сплава, а также наличие в объеме материала несплошностей различной формы и размеров.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, Al–Co–Cr–Fe–Ni, проволоочно-дуговое аддитивное производство, деформация, растяжение, структура поверхности разрушения.

Введение

Подход к созданию многокомпонентных сплавов и соединений с равными или сопоставимыми концентрациями всех компонентов занимает одно из центральных мест в современном физическом материаловедении [1, 2]. В конце XX – начале XXI в. появились первые работы по созданию и комплексному изучению новых так называемых высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), содержащих 5–6 основных элементов в концентрации от 5 до 35 ат.% [3].

Данные материалы, наряду с параметрами, присущими типичным металлическим сплавам, проявляют и ряд уникальных свойств, характерных, например, для металлокерамики. Из-за различий в размерах атомов входящих в сплав элементов кристаллическая решетка ВЭС сильно искажена, вследствие чего они характеризуются малыми коэффициентами диффузии, коррозионной стойкостью, повышенной пластичностью при низких температурах и рядом других свойств, полезных для многих перспективных функциональных материалов [4].

Наиболее распространенным методом производства ВЭС в настоящее время является процесс вакуумно-дуговой плавки, который имеет ограничения при получении деталей больших размеров и сложной формы. Методы интенсивной пластической деформации кручением под давлением [5] и механосинтез в планетарных мельницах [6] обеспечивают высокий уровень механических свойств. В последние годы все больше внимания уделяется аддитивному производству, при котором для создания детали не требуются пресс-формы, так как процесс заключается в послойном формировании материала по заданной 3D-модели. В качестве источника энергии в таких методах наиболее часто используют лазер, электронные пучки и электрическую дугу [3, 7].

Технология проволоочно-дугового аддитивного производства (WAAM – Wire-Arc Additive Manufacturing) имеет ряд преимуществ, которые связаны с высокой эффективностью осаждения, высоким коэффициентом использования материала, низкой стоимостью оборудования и т.д. [8–11].

В предыдущих исследованиях было установлено, что ВЭС системы Al–Co–Cr–Fe–Ni обладает комплексом высоких механических свойств. Так, для сплава Al_{0.7}CoCrFe₂Ni с ОЦК-структурой предел прочности составляет $\sigma_B = 1223$ МПа, а удлинение до разрушения $\delta = 7.9\%$ благодаря упорочению нановыделениями В2-фазы [12].

* Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00452).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>